



Characteristics of Climate Variation in Three-River Headwaters Region During the Recent 60 Years

Chen Liang^{1,2}, Liu Baokang³, Ling Zhiyong^{1,2}, Lu Baoliang^{1,2}

¹CAS Key Laboratory Salt Lake Resource and Chemistry, Qinghai Institute of Salt Lakes, Xining, China

²Key Laboratory of Comprehensive and Highly Efficient Utilization of Salt Lake Resources, CAS, Xining, China

³Qinghai Provincial Meteorological Bureau, Xining, China

Email address:

chenl@isl.ac.cn (Chen Liang)

To cite this article:

Chen Liang, Liu Baokang, Ling Zhiyong, Lu Baoliang. Characteristics of Climate Variation in Three-River Headwaters Region During the Recent 60 Years. *Asia-Pacific Journal of Earth Sciences*. Vol. 1, No. 1, 2019, pp. 38-43.

Received: June 2, 2019; Accepted: July 10, 2019; Published: July 26, 2019

Abstract: Temperature and precipitation have great influence on ecological system and social economy. Under the background of the global warming, concerning the regional characteristics of regional land use and land cover change, the climate change in Three-River Headwaters Region was analyzed. this Study was makeing use of Three-River Headwaters Region of 21 sites observation data, using the accumulative anomaly, the climate tendency rate and climate tendency coefficient method, Analyzing the study area in 1955-2014 years of climate change. The result indicates that the source area of the past 60 years the temperature rise significantly, average temperature 0.368°C/10 a higher amplitude, dry wet both season average temperature is on the rise, and the largest rise in the dry season, up to 0.382°C/10 a. Temperature rise there is significant regional differences, the biggest center is located in the eastern edge of warming, the temperature trend rate is greater than 0.6°C/10 a. Parts of precipitation increasing trend on the whole, less rainfall, annual precipitation tendency rate is 10.317 mm/10 a. Based on the climate mutation analysis, the results show that the temperature mutations appeared in 1971 and 1986, but the mutation is not obvious; Precipitation mutation appeared in 1970. The three-river source area of climate change to the source of national forest park ecological protection, animals and plants living environment improvement, etc. It is of great significance.

Keywords: Three-River Headwaters Region, Temperature, Precipitation, Abrupt Climate Change

近60a三江源气候变化特征分析

陈亮^{1,2}, 刘宝康³, 凌智永^{1,2}, 芦宝良^{1,2}

¹中国科学院青海盐湖研究所盐湖地质与环境实验室, 西宁, 中国

²中国科学院盐湖资源综合高效利用重点实验室, 西宁, 中国

³青海省气象局, 西宁, 中国

邮箱

chenl@isl.ac.cn (陈亮)

摘要: 人类活动与野生动植物生存离不开空气与降水, 其变化必然会对周边环境和生态系统产生显著影响。本研究利用三江源区21个气象站点的观测资料, 运用累计距平分析、气候倾向率和气候趋势系数等方法, 对区内1955 – 2015年来的气温、降水变化进行了分析。结果表明: 近60年来三江源区气温呈显著上升趋势, 平均温度以0.368°C/10a幅度升高, 干湿两季平均温度均呈上升趋势, 且旱季增幅最大, 达0.382°C/10a。气温升高存在显著的区域差异, 最大的增温中心位于东部边缘, 温度倾向率大于0.6°C/10a。降水整体呈增加趋势, 部分地区降水有所减少, 年降水量倾向率为10.317mm/10a。使用以上结果进行气候突变分析, 结果表明温度突变出现在1971年和1986年; 降水突变出现在1970年。研究三江源区气候变化对于三江源国家公园的生态保护、动植物生存环境改善等具有重要意义。

关键词: 三江源, 气温, 降水, 气候突变

1. 引言

气候变化研究始于19世纪初[1]; 近年来, 各国学者针对气候变化已进行了大量研究[2-7], 大致分为以下两类: 1、采用定性和定量研究方法分析历史和当前气候变化趋势及其形成原因; 2、预测未来气候变化趋势。IPCC发布的第4次评估报告指出, 近100a(1906~2005)来全球平均地面气温的升温率为 $0.074 \pm 0.018^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 而近50a来的变暖速度几乎是近100a来的2倍, 达到了 $0.13 \pm 0.03^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ [8]。青藏高原作为全球第三极是气候变化最为敏感的地区之一, 表现为气温变化振幅大, 气候变化具有超前性的特点[9-11]。

三江源是中华民族的两条母亲河黄河、长江和国际著名河流澜沧江的发源地。它是世界上海拔最高、面积最大的自然保护区; 由于具有独特的地理位置和水资源优势, 该地区气候变化和生态环境状况对我国乃至全球气候及

生态环境均有着十分重要的影响。因此, 在全球变暖的背景下, 地处全球气候变化“预警区”青藏高原腹地的三江源保护区的气候变化将直接关系到整个研究区的生态平衡, 研究三江源保护区未来的气候变化具有重要意义。

2. 数据来源与研究方法

2.1. 研究区概况和数据来源

三江源实验区是在原保护区的基础上, 2011年11月, 国务院批准建立三江源国家生态保护综合试验区 ($31^{\circ}39' \sim 36^{\circ}12'$, $89^{\circ}45' \sim 102^{\circ}23'$), 范围包括玉树、果洛、黄南、海南4个州和唐古拉山镇的全部行政区域, 面积为39.5万平方公里。本文选用三江源实验区21个气象站从1955年至2014年的月平均气温和月降水为主要研究资料, 研究区位置及各站点分布如图1所示。

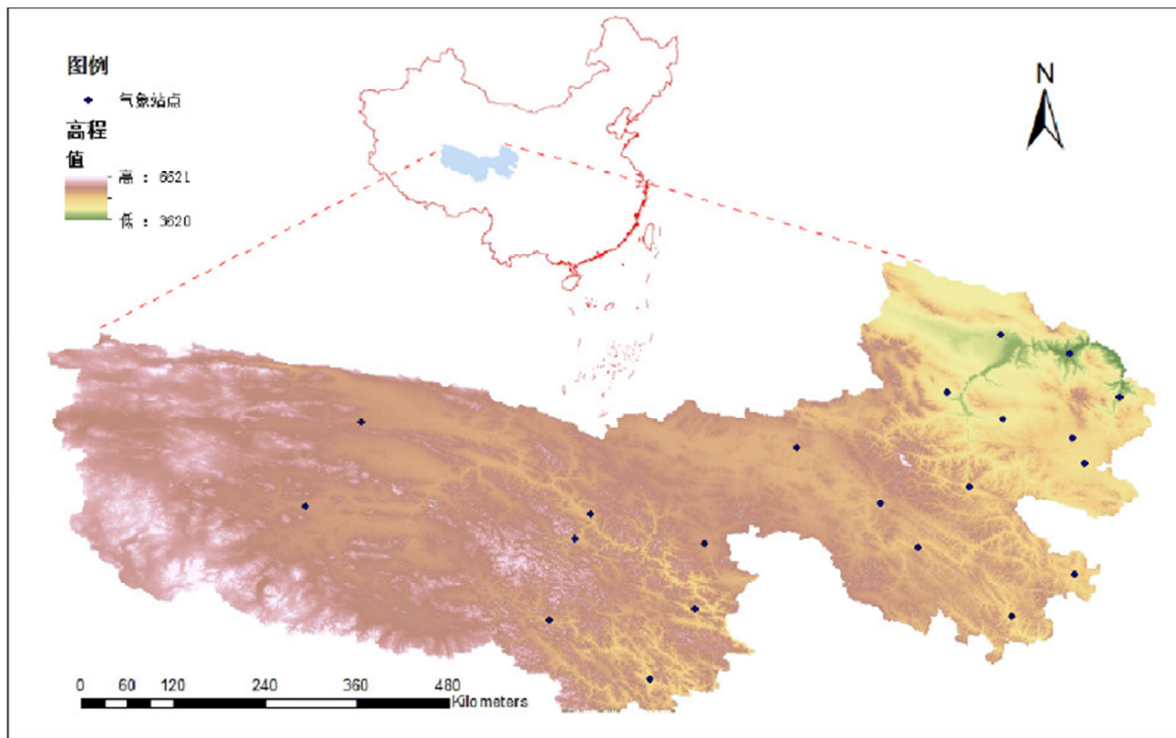


图1 三江源实验区气象站点分布图。

2.2. 研究方法

2.2.1. 气候趋势系数

由于个别气象站的建站年代不同, 采用回归订正法将其时间序列插值延长, 使上述气候要素的时间序列统一在1955 - 2014年时间段内。然后计算三江源区气候趋势系数 r_{xt} [12]:

$$r_{xt} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(i - \bar{t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (i - \bar{t})^2}}$$

式中: r_{xt} 为气候趋势系数; x_i 为第 i 年的值; $t=(n+1)/2$ 。 r_{xt} 可表示气象要素长期变化大小, 是标准化的一元线性回归系数, 可消除气象要素均方差对线性回归系数大小的影响。通过计算各年份干湿两季温度及降水量的平均值、距平值, 利用一元线性回归方法对气候季节变化趋势进行分析。

2.2.2. 突变检验

气候突变是气候变化过程中的某些不连续现象，常用气候要素累计距平曲线来表示，即：

$$C(t) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})$$

式中： x_i 为第*i*年的平均温度或降水量， \bar{x} 为多年的年平均气温或降水量。指标绝对值最大时所对应的*t*为突变年份。为了检验转折是否达到气候突变标准，计算转折年份的信噪比[13]：

$$\frac{S}{N} = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{S_1 + S_2}$$

式中： \bar{x}_1 、 \bar{x}_2 和*S*₁、*S*₂分别为转折年份前后两个要素的平均值和标准差。当*S*/*N*>1时，可以认为该要素在这个年份存在气候突变，否则突变不显著。

表1 三江源气温及气温趋势系数(1955-2015)。

| 年代 | 55-64 | 65-74 | 75-84 | 85-94 | 95-04 | 05-14 |
|------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 年均温 | -1.6 | -1.5 | -0.9 | -0.7 | -0.5 | -0.1 |
| 趋势系数 | -0.885 | 2.300 | 0.072 | 0.073 | -0.278 | 0.599 |

3.1.2. 降水年及年代变化

由表2可见，研究区年降水量倾向率为10.317mm/10a，表明本区总体降水量呈增加趋势，变化较显著。1955-2014年降水量平均值为447.9mm，年降水量最大值为587.3mm（1989年），最小值为325.7mm（1959年）。从倾向率月

表2 三江源年降水趋势(1955-2015)。

| 项目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 全年 |
|-----|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 倾向率 | 1.236 | 4.884 | 8.100 | 7.860 | 26.376 | 34.404 | 18.156 | 24.252 | -0.072 | 8.520 | 3.264 | 0.792 | 10.317 |

3.2. 温度和降水的干湿两季变化

3.2.1. 温度的两季变化

区内气候属青藏高原气候系统，为典型的高原大陆性气候，表现为冷热两季交替、干湿两季分明、日湿差大、日照时间长、辐射强烈、无四季区分的气候特征。故将三江源区分为干湿两季，3-8月为雨季，9-2月为旱季。区内

3. 结果分析

3.1. 温度和降水的年及年代变化

3.1.1. 温度年及年代变化

研究区1955 - 2014年平均气温为-0.9℃，年平均气温最高达0.4℃（1998年），最低-2.7℃（1965年）。该地区年平均气温呈上升趋势，气候倾向率为0.368℃/10a(sig.=0.00<0.05)，说明研究区增温趋势较为明显，但并非单边上升，由每10a的气温趋势系数可见（表1），年平均气温在上世纪60-70年代呈显著的增温趋势，50-60年代、90年代到本世纪初呈微弱的下降趋势，70-80、80-90年代变化不显著。

变化来看，5-8月的降雨量增加较快，9-2月的降雨量增加较慢，增速最快为6月，达到了34.404mm/10a，最慢为9月为-0.072mm/10a，呈缓慢负增长趋势；表明近60a三江源区降水量增加，但干湿两季分明。

（1955-2014）雨季平均气温为4.2℃，最高气温5.3℃（2010年），最低2.5℃（1957年）；旱季平均气温为-6.0℃，最高气温-4.4℃（2006年），最低达-8.1℃（1965年）。

由图2可见，三江源区干湿两季气温增幅接近，平均气温倾向率分别为0.238℃/10a、0.382℃/10a，表明干湿两季气温均呈上升趋势，且旱季增温幅度略大于雨季。

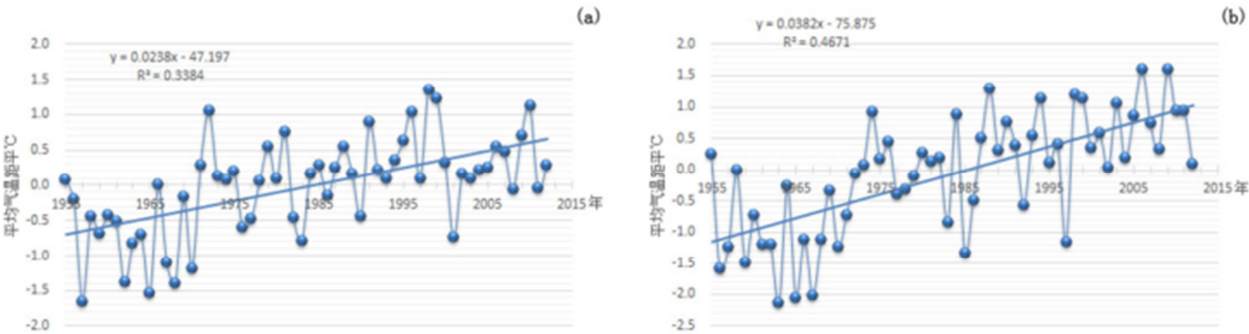


图2 三江源雨季（a）、旱季（b）平均气温距平变化。

3.2.2. 降水的两季变化

研究区近60年雨季降水量平均为338.4mm，最大值为443.8mm（1989年），最小值为249.2mm（1969年）；旱季降水量平均为109.5mm，最大值为162.3mm（1971年），最小值为47.8mm（1959年）。

由图3可见，雨季降水量呈明显增加趋势，降水倾向率为11.40mm/10a，且从20世纪80年代开始，降水量逐渐增长；旱季降水量增幅不明显，降水倾向率仅为1.335mm/10a。雨季降水占到了全年的76%。

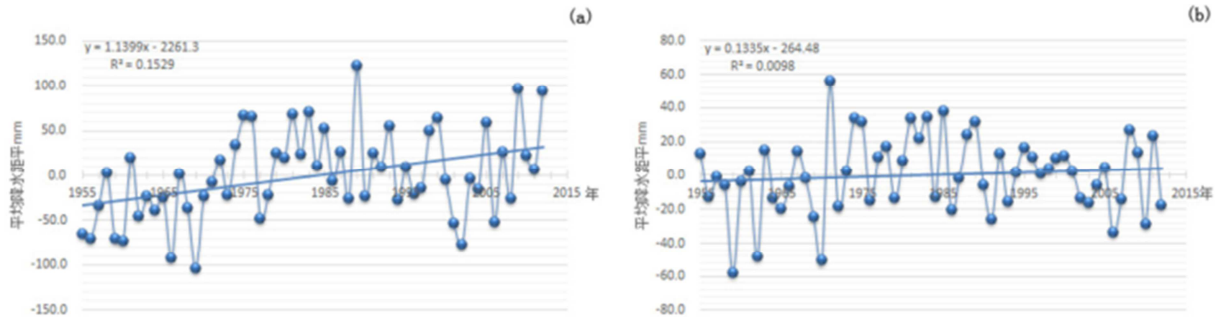


图3 三江源雨季（a）、旱季（b）降水量距平变化。

3.3. 温度和降水突变分析

由图4a可知，三江源年平均气温累计距平曲线的绝对值最大值出现在1971年（-13.9），这次转折是气温进入偏低期持续至1986年（-13.7），1987年始进入偏高期，之后

持续至今。为了检验上述转折是否达到气候突变标准，分别计算1971、1986的信噪比，1971年 $S/N=0.56 < 1$ ，1986年 $S/N=0.44$ ，因此，可知1971和1986年均温突变不明显。

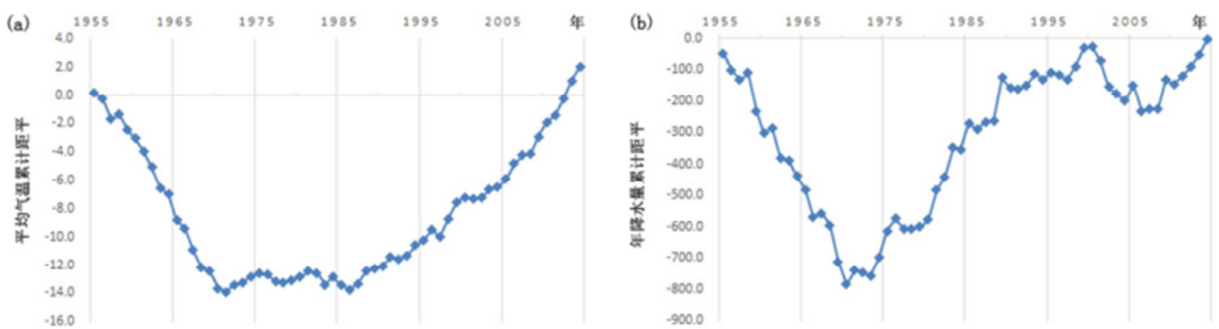


图4 三江源气温（a）、降水量（b）累积距平。

由图4b可知，三江源年降水量累计距平曲线在1970年出现最大值-785.6，1970年之前呈下降趋势，之后呈上升趋势，这次转折是降水量从偏少期转为偏高期。为了检

验上述转折是否达到气候突变的标准，计算1970年的信噪比 $S/N=1.12 > 1$ ，因此，可以认为1970年是降水突变年，降水量前后年相差163.8mm。

3.4. 温度和降水空间分布

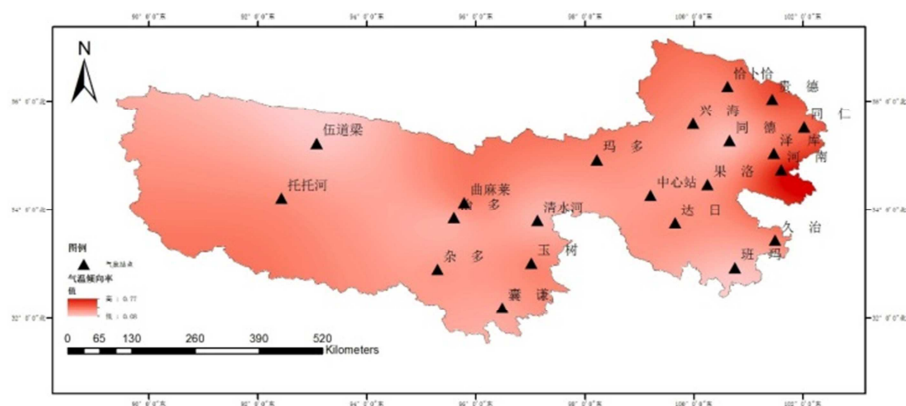


图5 三江源年平均气温倾向率分布。

由图5可以看出，整个研究区年气温倾向率均为正值，说明区内都是气温升高区，但是气温升高存在着显著的区域差异，最大的增温中心位于东南部边缘，气温倾向率大

于 $0.60^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ；最小的气温倾向率位于中西部，小于 $0.10^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。

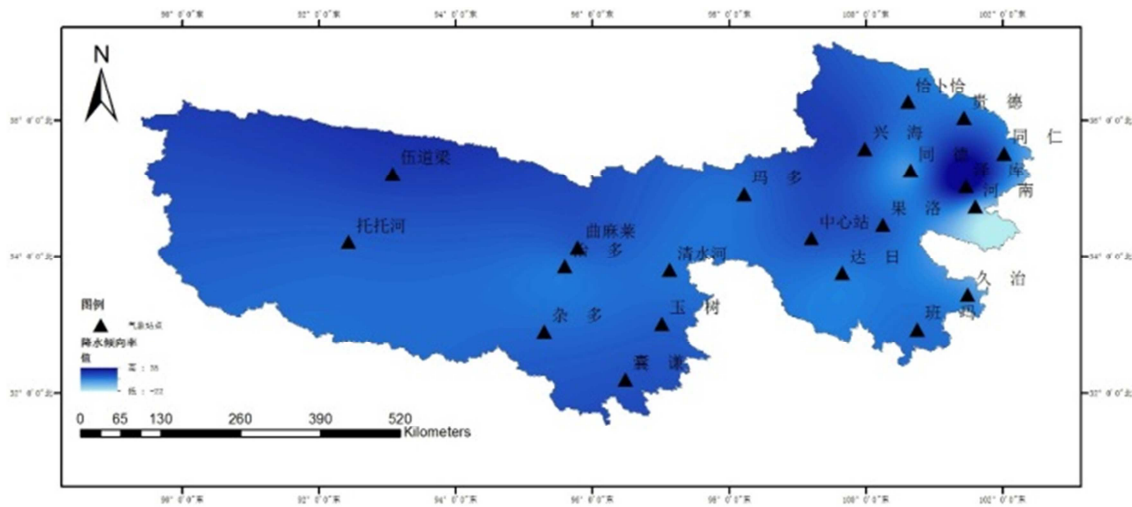


图6 三江源年降水量倾向率分布。

4. 结论

近60年来三江源区年平均温度呈明显上升趋势，气温倾向率为 $0.368^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。这种气温变化趋势与全球及我国的变化总趋势是一致的，气温的季节性变化表现为干湿两季交替，多雨的季节增温大，干旱的季节增温小。气温的年代变化过程为，20世纪80年代中期呈显著增温趋势，60-70年代呈微弱下降趋势，70-80年代变化不显著，这种季节性 & 周期性变化趋势与北半球及中国气候变化的基本特征一致。近60年整个三江源区都是气温升高区，但是气温升高存在着显著区域差异。研究区年降水量变化趋势差异较大，有些区域呈现降雨增多的趋势，如：泽库县；有些区域呈现降雨减少的趋势，如：河南县。而整个三江源区体现了降水增多的趋势，降水倾向率为 $10.317\text{mm}/10\text{a}$ ，与中国降水量变化变化特征基本一致。从空间分布上看，研究区东北部以及南部边缘地区降水增加程度略高于中西部地区。

项目区气候变暖的主要原因是由全球气候暖干化的自然因素造成的，人类活动特别是二氧化碳排放造成温室效应加剧也是重要原因。区内气候变暖可增加人体舒适度，有利于三江源区水资源等的利用，也为发展旅游业提供了较适宜的气温条件。但暴雨、雪灾等极端气候事件也可能频繁发生，可能为人们生活安全带来负面影响。

随着气温增高，区内适宜树木生长的面积将会有所增加，植被朝良性态势发展，生物量将随之增加；风蚀、水蚀作用减弱，水土流失趋缓，但降水的增加量不足以抵消蒸发量的增加，荒漠化将加速，冻土退化，导致水资源流失，河流径流量将呈现减少趋势，研究三江源区气候变化对于三江源国家森林公园的生态保护、动植物生存环境改善等具有重要意义。

基金项目

中科院青海盐湖所青年项目（Y560341150），国家重点研发计划项目（2018YFC0406605），青海省科技计划项目（2018-ZJ-T10、2018-ZJ-T03），国家自然科学基金项目（41671521）。

参考文献

[1] Jones P D. Hemispheric surface air temperature variations: recent trends and update to 1987 [J]. Journal of Climate, 1988, 1 (6): 654-660.

[2] IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis Cambridge [R], United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2001, 8-11.

[3] Ge Quansheng, Zheng Jingyun, Hao Zhixin, et al. Temperatruue variation of 2000 years in China: An uncertainty analysis of reconstrcution and regional difference [J]. Geophysical Research Letters, 2010, 37 (3): 1-4.

[4] Houghton J T, Jenkins G J, Ephraums J J. Climate change: The IPCC 1990 Scientific Assessment [J]. New York, Cambridge University Press, 1990, 195-238.

[5] 战云健.近百年亚洲降水变化特征及其不确定性分析[D].中国气象科学研究院,2018.

[6] Jones P D. Recent warming in global temperature time series [J]. Geophysical Research Letters, 1994, 21 (12): 1149-1152.

[7] 孙秀宝.基于CMA-LSAT v1.0数据集的近百年全球陆表气温变化研究[D].南京信息工程大学,2018.

- [8] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007, the Fourth Assessment Report (AR4) [R]. Valencia, Spain: WMO and UNEP, 2007.
- [9] 谷星月,马耀明,马伟强,孙方林.青藏高原地表辐射通量的气候特征分析[J].高原气象,2018,37(06):1458-1469。
- [10] 王玉琦,鲍艳,南素兰.青藏高原未来气候变化的热动力成因分析[J].高原气象,2019,38(01):29-41。
- [11] 蒋烨林.气候变化对三江源生态系统稳定性的影响及其效应研究[D].南京信息工程大学,2018。
- [12] 王绍武,龚道溢,陈振华,等.近百年来中国的严重气象灾害[J].应用气象学报,1999, 10(增刊): 43-53。
- [13] 黄嘉佑.气候状态变化趋势与状态分析[J].气象,1996,56(7):54-57。

作者简介



陈亮，助理研究员，主要研究方向为：
(1)盐湖动态监测研究；(2) 盐湖湖表卤水高光谱遥感影像信息提取研究；(3) 盐湖区环境与气候变化。